

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 715 822

(21) N° d'enregistrement national : **94 01304**

(51) Int Cl^e : A 61 B 8/12, A 61 N 7/00

(12)

BREVET D'INVENTION

B1

(54) SONDE DE TRAITEMENT ET DE VISUALISATION

(22) Date de dépôt : 04.02.94.

(30) Priorité :

(60) Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

(71) Demandeur(s) : EDAP INTERNATIONAL —
FR.

(43) Date de la mise à disposition du public
de la demande : 11.08.95 Bulletin 95/32.

(45) Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 19.04.96 Bulletin 96/16.

(72) Inventeur(s) : DORY JACQUES et CONSTAN-
TINOU GEORGES.

(56) Liste des documents cités dans le rapport
de recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : CABINET HIRSCH.

FR 2 715 822 - B1



5

SONDE DE TRAITEMENT ET DE VISUALISATION

10 La présente invention a pour objet une sonde de traitement et de visualisation, comprenant un corps de sonde, un transducteur de visualisation et un transducteur de traitement montés mobiles dans ladite sonde, et des moyens d'entraînement dudit transducteur de visualisation et dudit
15 transducteur de traitement.

Il existe déjà des sondes de traitement ou thérapie, ainsi que des sondes de traitement et de visualisation.

Le document EP-A-0 317 049 décrit une sonde ultrasonique, présentant une fenêtre entourant un transducteur
20 ultrasonique. Le transducteur ultrasonique est monté sur une première plate-forme circulaire susceptible de pivoter autour d'un de ses diamètres. Cette plate-forme est montée sur une deuxième plate-forme circulaire susceptible de tourner dans son plan, autour de son axe. De la sorte, le transducteur
25 ultrasonique est susceptible de balayer des secteurs angulaires dans tous les plans. La sonde du document EP-A-0 317 049 est destinée à la visualisation des tissus environnant la sonde.

Le document FR-A-2 673 542 décrit une sonde endorectale
30 de thérapie et un appareil de destructions de tissus tumoraux, en particulier de la prostate, en comportant application. L'appareil de destruction selon ce document comprend une telle sonde endorectale et une sonde endo-urétrale d'échographie. La sonde endorectale de thérapie comprend un trans-
35 ducteur piézo-électrique ayant une face avant d'émission d'ondes acoustiques ultrasoniques, monté dans un organe support lié à un moyen guide rigide permettant une introductions

endorectale de la sonde. L'ensemble ainsi constitué est entouré d'une membrane déformable en silicone ou en latex, susceptible d'être rempli de liquide après introduction de la sonde.

5 Le document FR-A-2 673 542 propose une solution au problème de la destruction de tissus tumoraux permettant un suivi en temps réel. La solution proposée consiste à utiliser une sonde endo-urétrale de visualisation par échographie.

10 La solution proposée présente des inconvénients. Elle implique tout d'abord l'utilisation simultanée d'une sonde endo-urétrale et d'une sonde endorectale, ce qui augmente le traumatisme. Il est aussi nécessaire de déplacer les deux sondes, pour les besoins de l'échographie et du traitement. Ceci engendre des traumatismes supplémentaires. La précision
15 de l'appareil est limitée par la précision mécanique des moyens de support communs de la sonde endo-rectale et de la sonde endo-urétrale. Pour obtenir une bonne précision, il est nécessaire d'utiliser des systèmes mécaniques complexes. La sonde endorectale en cas de rupture de son enveloppe en latex
20 ou en silicone, peut provoquer des traumatismes importants du fait de ses mouvements. Enfin la combinaison d'une sonde endorectale et d'une sonde endo-urétrale ne permet pas une visualisation en temps réel, le transducteur d'échographie étant saturé en réception lors de l'émission de l'onde de
25 traitement.

 Le document WO-A-89/07090 décrit, en particulier en référence à sa figure 5, une sonde endorectale de localisation et de thérapie. Cette sonde comprend un transducteur focalisant susceptible d'émettre des ultrasons pour la thé-
30 rapie. Ce transducteur est monté sur une tige mobile par rapport à l'enveloppe extérieure souple de la sonde. La sonde comprend en outre un transducteur focalisant pour la formation d'images par échographie, qui est monté pivotant autour d'un de ses diamètres sur des bras mobiles. Le transducteur
35 d'échographie émet en direction d'un miroir qui renvoie les ultrasons vers la zone à traiter.

 Ce dispositif présente d'autres inconvénients. Il est d'un volume important, du fait du nombre des éléments. Il

comprend en outre des dispositifs mécaniques nombreux, pour lesquels il est difficile d'obtenir une précision importante. De plus, dans ce dispositif, il est nécessaire de déplacer la sonde pour traiter une zone visualisée, et inversement pour visualiser une zone traitée. Ce déplacement mécanique conduit à une perte de précision dans la thérapie. Le document présente en outre le même danger que la sonde du document EP-A-0 317 049, en cas de déchirement de l'enveloppe souple externe.

La présente invention pallie ces inconvénients. Elle fournit une solution simple, sûre, peu traumatisante pour la visualisation et le traitement des tissus; elle est particulièrement adaptée au traitement de la prostate.

L'invention propose une sonde de traitement et de visualisation, comprenant un corps de sonde, au moins un transducteur de visualisation et au moins un transducteur de traitement montés mobiles dans ladite sonde, des moyens d'entraînement dudit transducteur de visualisation et dudit transducteur de traitement, caractérisé en ce que ledit transducteur de visualisation et ledit transducteur de traitement sont mobiles autour d'un axe de rotation commun, et en ce que lesdits moyens d'entraînement sont communs audit transducteur de visualisation et audit transducteur de traitement.

De la sorte, il est facile de passer du mode de traitement au mode de visualisation, et réciproquement. Ceci n'implique aucun mouvement de la sonde, et garantit une excellente précision de traitement. De plus cela limite le nombre d'éléments mécaniques mobiles dans la sonde.

Dans un mode de réalisation de la sonde, ledit axe de rotation commun est parallèle à l'axe longitudinal de la sonde.

Ceci est particulièrement adapté au cas des sondes endorectales destinées à la visualisation et/ou au traitement de la prostate.

Dans un autre mode de réalisation de la sonde, ledit axe de rotation commun est orthogonal à l'axe longitudinal de la sonde.

Ceci permet un traitement et/ou une visualisation dans une zone située dans l'axe longitudinal de la sonde.

Le transducteur de traitement et le transducteur de visualisation peuvent constituer un ensemble monobloc.

5 Dans ce cas, la précision dans le passage du traitement à la visualisation est celle du montage de cet ensemble monobloc.

10 Dans un mode de réalisation simple, ledit transducteur de traitement et ledit transducteur de visualisation présentent chacun une forme de disque et sont disposés concentriquement et dos à dos.

Le transducteur de traitement peut présenter une forme concave assurant une focalisation.

15 Le transducteur de traitement peut aussi comprendre une lentille déformable mécaniquement permettant de modifier sa focale.

On assure ainsi une plage de traitement plus importante.

20 Dans un mode de réalisation, la sonde de traitement et de visualisation comporte une paroi rigide entourant au moins partiellement lesdits transducteurs.

Ceci évite tout danger pour le patient du fait du mouvement des transducteurs.

25 Dans ce cas, ladite paroi rigide peut comporter une fenêtre.

Cette fenêtre permet un passage des ultrasons vers le patient.

30 Dans un mode de réalisation de l'invention, la sonde de traitement et de visualisation comporte une enveloppe souple localement déformable.

Cette enveloppe assure un contact avec la zone à traiter et/ou à visualiser, et permet ainsi le passage des ultrasons.

35 Les caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante d'un mode de réalisation de la sonde selon l'invention, donné à titre d'exemple et en référence aux figures annexées, qui montrent:

- la figure 1 une vue schématique d'ensemble d'une sonde selon l'invention et de son mécanisme de support
- la figure 2 une vue à plus grande échelle de la tête de la sonde de la figure 1
- la figure 3 une vue analogue à celle de la figure 2 d'un autre mode de réalisation d'une sonde selon l'invention
- la figure 4 une vue de la sonde de la figure 3, réglée pour une profondeur de traitement différente.
- la figure 5 une vue analogue à celle de la figure 2, d'encore un autre mode de réalisation de l'invention;
- la figure 6 différents modes de réalisations de transducteurs;
- la figure 7 une vue plus détaillée en coupe d'un transducteur de traitement muni d'un réglage de focalisation.

La figure 1 montre une vue schématique d'ensemble d'une sonde selon l'invention et de son mécanisme de support. la sonde 1 présente un corps 2 et une tête 3 destinée à être introduite dans le patient. Le corps de la sonde est relié à un mécanisme de support 4, qui permet de déplacer la sonde 1 et/ou de la maintenir en une position donnée. Le mécanisme de support peut présenter une forme quelconque. Dans le mode de réalisation de la figure 1 le mécanisme de support comprend un collier 5 dans lequel le corps 2 de la sonde, est monté rotatif, et qui est relié à une extrémité d'une tige rigide 6. L'autre extrémité de la tige 6 est mobile dans un joint à rotule 7 ce qui permet de déplacer la sonde en rotation autour de la tige 6, ou en pivotant autour du joint rotule, comme indiqué par les règles 8 et 9 de la figure 1. Le joint rotule 7 est monté libre en translation suivant la flèche 10 de la figure 1, sur un support 11. Le support 11 est susceptible de se déplacer verticalement dans le plan de la figure, comme indiqué par la flèche 12.

On a représenté à la figure 1 un réservoir 13 de liquide, associé à une pompe 14. Le liquide refoulé par la pompe 14 est amené par un conduit 15 à la sonde 1. Le circuit du liquide dans la sonde 1 sera expliqué plus en détail en
5 référence à la figure 2. Le liquide provenant de la sonde 1 retourne au réservoir 13 par un conduit 16.

La figure 2 montre une vue à plus grande échelle de la tête de la sonde de la figure 1. La sonde présente une enveloppe souple 20 présentant une zone déformable 21. Cette
10 enveloppe souple est susceptible d'être démontée et par exemple changée pour chaque patient. La sonde présente une paroi 22 rigide qui présente une fenêtre 23. La paroi 22 présente une forme allongée et est recouverte par l'enveloppe souple 20. La zone déformable 21 de l'enveloppe souple est disposée
15 en regard de la fenêtre 23 de la paroi rigide. Dans le mode de réalisation décrit en référence aux figures 1 et 2, la fenêtre 23 est disposée sur le côté de la sonde. D'autres modes de réalisation sont possibles, comme cela apparaît clairement des figures suivantes. La fenêtre 23 pourrait
20 faire le tour de la sonde, ou s'étendre partiellement sur le pourtour de celle-ci.

A l'intérieur de la paroi rigide 22 la sonde comprend un arbre 24 monté rotatif par rapport à la paroi rigide 23. A son extrémité, et en regard de la fenêtre 23 et de la zone
25 déformable 21, l'arbre 24 supporte un transducteur de visualisation 25 et un transducteur de traitement 26. La sonde comporte des conducteurs électriques non représentés et reliés aux transducteurs 25 et 26 pour les exciter par des signaux électriques. Dans le mode de réalisation de la figure
30 2, les transducteurs 25 et 26 sont montés sur l'arbre 24 de façon sensiblement symétrique par rapport à l'axe de la sonde. Autrement dit, lorsque le transducteur de visualisation est disposé face à la fenêtre 23, le transducteur de traitement 26 est disposé face au côté opposé à la fenêtre 23.

35 Dans la présente description, les transducteurs permettent d'émettre des ultrasons, afin de visualiser ou de traiter le patient. Les techniques de visualisation et/ou de

traitement par ultrasons sont décrites dans l'art antérieur et sont connues de l'homme du métier.

Le transducteur de visualisation est par exemple, constitué d'un transducteur piézo-composite d'un diamètre de 10 mm, de rayon focal de 45 mm, avec une fréquence de résonance de 7,5 MHz. Le transducteur de traitement présente une forme concave et focalise les ultrasons. Il peut par exemple être constitué d'un transducteur de 25 mm de diamètre, d'un rayon focal de 50 mm, avec une fréquence de résonance de 3,5 MHz.

La circulation du liquide dans la sonde 1, mentionnée plus haut, s'effectue de la façon suivante. Le liquide en provenance de la pompe est refoulé entre la paroi rigide 22 et l'enveloppe élastique 20. Il circule à travers la fenêtre 23, pénètre à l'intérieur de la paroi rigide 22 et s'écoule vers le réservoir en passant entre l'arbre 24 et la paroi 23. L'écoulement de fluide dans la sonde permet d'assurer un refroidissement des transducteurs. Il permet aussi d'assurer un gonflage de la zone déformable 21, de façon à ce que celle-ci entre en contact avec les tissus du patient. Le contact assure le passage vers la zone à traiter des ultrasons émis par les transducteurs.

La sonde des figures 1 et 2 est particulièrement adapté au traitement de la prostate, par voie rectale. A titre d'exemple d'utilisation on décrit ci-dessous le mode opératoire pour le traitement de la prostate. La sonde fonctionne de la façon suivante: la sonde est d'abord introduite dans le rectum du patient, de façon à ce que la fenêtre 23 soit au voisinage de la prostate. L'enveloppe souple est alors gonflée par envoi de liquide par la pompe. La zone déformable de la membrane 21 vient en contact avec les tissus du patient, permettant ainsi le passage des ultrasons vers la zone à traiter et/ou à visualiser. On procède ensuite à la visualisation de la zone à traiter. Pour cela, on utilise le transducteur de visualisation. On peut utiliser le transducteur de visualisation en échographie mode A, en plaçant le transducteur face à la fenêtre 23 par rotation de l'arbre 24, et en le maintenant immobile. On peut aussi assurer un balayage

échographique par rotation de l'arbre 24. Ceci permet d'obtenir des images en échographie B. La largeur du balayage dépend de la taille de la fenêtre 23, qui peut être adaptée. Dans le mode de réalisation de la figure 1, les images sont
5 prises dans un plan orthogonal à l'axe de la sonde.

Une fois les zones à traiter visualisées et localisées, il suffit pour passer en mode de traitement de faire tourner l'arbre 24 de façon à positionner le transducteur de traitement 26 face à la fenêtre 23 et à la zone à traiter. Ceci
10 n'implique aucun mouvement de la sonde: de fait, seul l'arbre 24 tourne à l'intérieur de la paroi rigide 23. L'invention permet ainsi de pallier le manque de précision des dispositifs de l'art antérieur: la précision ne dépend pas du positionnement mécanique de deux dispositifs; elle ne dépend pas
15 non plus d'un déplacement mécanique de la sonde. Selon l'invention, la précision lors du passage du mode de visualisation au mode de traitement n'est limitée que par la précision dans le positionnement relatif des transducteurs 25 et 26, et par la précision dans la rotation de l'arbre 24.

20 Le passage du mode de traitement au mode de visualisation est aussi simple. Il suffit de nouveau de disposer la pastille de visualisation face à la fenêtre 23. De la sorte, l'invention permet une grande souplesse de passage du mode de traitement au mode de visualisation, et réciproquement.

25 L'invention fournit aussi un dispositif d'une grande sûreté. Même si l'enveloppe souple 20 se déchire ou se rompt, les pièces en mouvement éventuel, à savoir l'arbre 24 supportant les transducteurs, restent à l'intérieur de la paroi rigide; elles ne risquent donc pas de blesser le patient.

30 Selon l'invention, on peut à volonté et dans un temps très court, passer du mode de traitement au mode de visualisation. Le traitement peut consister en des émissions d'ultrasons de traitement, alternés avec des émissions d'ultrasons de visualisation, ce qui permet de suivre en temps réel
35 la progression du traitement. On peut aussi choisir de ne visualiser la zone traitée que de temps à autre, en guise de vérification.

Selon un mode de réalisation de l'invention, le transducteur de traitement 26 est muni sur sa face d'émission d'une poche de liquide d'indice différent et qui est susceptible d'être plus ou moins gonflée et de faire ainsi varier la distance focale du transducteur 26. Cette poche agit en combinaison avec la déformation de la zone déformable 21 de l'enveloppe souple 20 pour faire varier la distance focale du transducteur de traitement. On peut ainsi grâce à l'invention soigner des tumeurs à différentes profondeurs sans déplacer mécaniquement la sonde. Ceci apparaîtra plus clairement encore de la description de la figure 7.

La figure 3 montre une vue analogue à celle de la figure 2 d'un autre mode de réalisation de l'invention. Des références identiques désignent les mêmes éléments dont la description n'est pas reprise. La sonde de la figure 3 est sensiblement identique à celle de la figure 2. Toutefois, la sonde de la figure 3 présente à la place d'un arbre 24 supportant les transducteurs, deux demi arbres 30 et 31; le demi arbre 30 supporte le transducteur de visualisation 25. Le demi arbre 31 supporte deux transducteurs de traitement 32 et 33. Les deux transducteurs 32 et 33 présentent des distances focales différentes. Dans le mode de réalisation des figures 3 et 4, on peut encore plus modifier la profondeur de tir. De fait le demi arbre 31 est susceptible de se déplacer en translation suivant son axe longitudinal par rapport au demi-arbre 30. De la sorte on peut amener le transducteur 32 ou le transducteur 33 derrière le transducteur de visualisation et en regard de la fenêtre 23.

Sur la figure 3, le transducteur de traitement 32 se trouve placé au niveau de transducteur de visualisation 25. De la sorte, par rotation combinée des demi-arbres 30 et 31, on assure une visualisation et un traitement à une profondeur correspondant à la focale du transducteur 32, éventuellement corrigée par une lentille gonflable.

La figure 4 montre une vue de la sonde de la figure 3, réglée pour une profondeur de traitement différente. Le demi arbre 31 a été, par rapport à la figure 3, déplacé de façon à amener le transducteur de traitement 33 au niveau de la

fenêtre 23. Comme expliqué à la figure 3, par rotation combinée des deux demi-arbres 30 et 31 on peut alors visualiser et assurer un traitement à une profondeur correspondant à la focale du transducteur 32.

5 La sonde du mode de visualisation décrit en référence aux figures 3 et 4 fonctionne comme la sonde décrites aux figures 1 et 2. Elle présente les mêmes avantages et permet en outre d'effectuer des traitements par ultrasons sur une grande gamme de profondeurs.

10 La figure 5 montre une vue analogue à celle de la figure 2, d'encore un autre mode de réalisation de l'invention. Les sondes décrites en référence aux figures 1 à 4 étaient particulièrement adaptées à la visualisation et au traitement de tissus se trouvant dans une position latérale par rapport
15 à la sonde; en particulier, l'utilisation en sonde endo-rectale permettait de traiter la prostate. La sonde de la figure 5 est au contraire adaptée à visualiser et traiter des tissus situés dans l'axe longitudinal de la sonde. Elle est ainsi particulièrement adaptée au traitement des tumeurs du
20 foie ou des fibromes.

La sonde de la figure 5 présente une structure analogue à celle représentée sur la figure 1. Seule la tête de la sonde diffère. De ce fait, seule la tête est représentée figure 5, en vue en coupe analogue à la vue de la figure 2.

25 La sonde présente une enveloppe souple 40, munie à son extrémité d'une zone déformable 41; la sonde présente aussi une paroi rigide 42, muni à son extrémité d'une fenêtre 43. Cette fenêtre 43 s'ouvre dans l'axe longitudinal de la sonde, à son extrémité. A l'intérieur de la paroi rigide, la sonde comprend
30 deux bras 44.

La sonde comprend un transducteur de visualisation 45 et un transducteur de traitement 46, montés concentriques et dos à dos. L'ensemble ainsi constitué est monté sur les deux bras 44 de la sonde, de façon à pouvoir tourner autour d'un
35 diamètre.

Comme symbolisé sur la figure 5 par les flèches 47, le diamètre autour duquel l'ensemble des deux transducteurs tourne est orthogonal à l'axe de la sonde. La sonde comporte

des moyens d'alimentations électriques des transducteurs et des moyens de commande de la rotation qui ne sont pas représentés à la figure 5. Comme dans le cas de la sonde décrite en référence aux figures 1 et 2, la sonde de la figure 5 peut
5 comprendre un circuit d'alimentation en fluide pour assurer le gonflement par liquide de la zone déformable 41 et le refroidissement des transducteurs 45, 46.

La sonde de la figure 5 peut assurer une visualisation ou un traitement dans un plan quelconque. Par rotation de
10 l'ensemble de la sonde, on modifie le plan de balayage de la sonde. Par rotation des transducteurs, on assure un balayage ou un traitement dans le plan concerné. La sonde de la figure 5 présente les mêmes avantages que les sondes décrites plus haut.

15 La sonde de la figure 5 pourrait présenter une fenêtre 43 d'une taille ou d'une forme différente.

La figure 6 montre différents modes de réalisation de transducteurs destinés à des sondes selon l'invention. La figure 6a montre une vue en coupe d'un ensemble de transduc-
20 teurs pour une sonde selon l'invention. Cet ensemble est constitué de deux transducteurs de traitement 50, 51 présentant des focales différentes et d'un transducteur de visualisation 52. Les trois transducteurs 50, 51, 52 sont montés de façon à ce que leurs diamètres respectifs constituent un
25 triangle. L'ensemble de transducteurs de la figure 6 est susceptible d'être monté sur une sonde telle que celle de la figure 2. Dans ce cas, l'ensemble est monté sur l'arbre 24 de telle sorte que l'axe de l'arbre 24 soit perpendiculaire au triangle formé par des diamètres des transducteurs. Par rota-
30 tion de l'arbre 24, on peut alors amener devant la fenêtre 23 l'un des deux transducteurs de traitement ou le transducteur de visualisation. L'ensemble de transducteurs de la figure 6 est aussi susceptible d'être monté dans une sonde telle que celle de la figure 5. Dans ce cas l'ensemble est monté entre
35 les bras 44 de telle sorte que l'axe de rotation soit perpendiculaire au triangle formé des diamètres des transducteurs. On peut alors amener devant la fenêtre 43 l'un des transducteurs de traitement ou le transducteur de visualisation.

La figure 6b montre une vue en coupe d'un autre mode de réalisation d'un ensemble de transducteurs destiné à une sonde selon l'invention. Cet ensemble de transducteurs comprend un transducteur de traitement en forme de disque 56, qui
5 présente en son centre un évidement dans lequel est disposé un transducteur de visualisation 54. Le dispositif de la figure 63 est susceptible d'être monté dans la sonde de la figure 2, à la place du transducteur 26 et du transducteur 25. On assure ainsi une possibilité de traitement et de vi-
10 sualisation avec les avantages mentionnés plus haut. De même, le dispositif de la figure 66 est susceptible d'être monté dans une sonde telle que celle de la figure 5.

La figure 6c montre une vue en coupe d'un transducteur de traitement et de visualisation 56; le transducteur 56 est
15 utilisé à la fois comme transducteur de traitement et comme transducteur de visualisation. Il comporte en outre une lentille 57 permettant de faire varier la focale. Le transducteur de la figure 6c est susceptible d'être monté sur une sonde selon l'invention, telle que celle de la figure 2 ou
20 celle de la figure 6.

La figure 7 montre une vue plus détaillée d'un transducteur de traitement muni d'une lentille de réglage de la focalisation selon l'invention. Le transducteur 60 comprend une surface émettrice 61, constituée par exemple d'une pas-
25 tille piézo-électrique. Une membrane élastique 62 transparente aux ultrasons est tendue devant la surface émettrice 61. Un liquide 63 se trouve entre la surface émettrice 61 et la membrane élastique 62.

Le liquide 63 présente une vitesse de propagation
30 différente de celle du milieu extérieur dans lequel les ultrasons vont se propager. Dans le cas d'une sonde telle que celle décrite en référence aux figures 1 à 5, le milieu extérieur est constitué par de l'eau, le liquide 63 présente un indice ou une vitesse de propagation différent de celui ou
35 celle de l'eau. Des moyens de pression, tels qu'une pompe, non représentés, peuvent faire varier la quantité de liquide 63 de façon à modifier la forme de la membrane 62. Ceci

conduit à une modification de la distance focale du transducteur 60. Sous l'action de la pression du liquide 63, la membrane 62 prend une forme de calotte quasi sphérique.

La pastille 61 présente en son centre un évidement 64, et un dispositif piézo-électrique de petite dimension 65 est disposé en regard de l'évidement. Le dispositif piézo-électrique 65 permet de connaître la position de la membrane 62 au droit de l'évidement 64, par calcul du temps de parcours dans le liquide 63 d'une impulsion ultrasonore. A l'aide de cette position on peut, connaissant le diamètre de la surface émettrice 61, déterminer le rayon de la calotte sphérique formée par la membrane 62, et calculer la distance focale du transducteur 60. On pourrait aussi déterminer la distance focale à partir de la mesure de la pression du liquide 63 de gonflage de la membrane, sur la base d'un étalonnage préalable. Bien entendu, le transducteur 60 comprend des moyens d'excitation de la surface émettrice 61 et du dispositif piézo-électrique 65, non représentés.

Il est possible de donner à la surface émettrice 61 une forme quelconque. Elle peut par exemple être concave, ce qui limite pour une focale donnée la déformation de la membrane 62.

Le transducteur 60 est susceptible d'être utilisé dans une sonde selon l'invention, telle que celles des figures 1 à 5.

Le transducteur de la figure 7 permet de faire varier la focale d'un transducteur, et d'effectuer des traitements à des profondeurs différentes, et ce sans déplacer le transducteur ni modifier la taille de la surface d'entrée des rayonnements ultrasonores dans la zone à traiter. Ceci présente l'avantage d'éviter les appareillages mécaniques et limite le risque de brûlure.

A titre d'exemple, on peut utiliser une pastille 61 d'un diamètre de l'ordre de 35 mm, présentant un évidement de 4 mm de diamètre en son centre. La présence du réglage de focalisation permet de traiter à des profondeurs variant de 5 à 40 mm, soit des focales de 15 à 50 mm.

On décrit maintenant divers processus de traitement possibles à l'aide de sondes selon l'invention. Dans un premier mode de traitement, on effectue un tir à l'aide de transducteur de traitement, immobile. On entraîne ensuite en rotation le transducteur de visualisation pour effectuer un balayage et une visualisation de la zone traitée. On arrête ensuite la rotation des transducteurs pour procéder à un nouveau tir de traitement, et ainsi de suite.

Dans un second mode de traitement, on procède à intervalles réguliers à des balayages par le transducteur de visualisation, de façon à obtenir des images de la zone à traiter. Entre ces balayages, on procède à une pluralité de tirs de traitement. Pendant chaque tir de traitement, le transducteur de traitement est immobile. Entre chaque tir de traitement, on peut éventuellement déplacer le transducteur de traitement ou faire varier sa focale, de façon à détruire une zone étendue.

Dans un troisième mode de traitement, les transducteurs sont animés d'un mouvement alternatif de rotation, et les tirs de traitement ou de visualisation sont effectués pendant la rotation.

Dans un quatrième mode de traitement, les transducteurs sont animés d'un mouvement de rotation continu, et on procède aux tirs de traitement et de visualisation au cours de la rotation. Bien entendu, dans ces deux derniers modes de traitement, il est possible de choisir de tirer ou de ne pas tirer au cours de la rotation alternative ou continue des transducteurs.

Dans tous les modes de réalisation de l'invention, le transducteur de traitement peut être plan ou présenter une préfocalisation du fait de sa forme. Il peut être muni d'un dispositif de focalisation mécanique, tel que celui décrit à la figure 7. Il peut aussi être muni, le cas échéant, d'un dispositif de focalisation électronique.

Il est possible de disposer les transducteurs de traitement et de visualisation dans des configurations autres que celles décrites ci-dessus. Par exemple, dans un mode de réalisation analogue à celui de la figure 2, un transducteur de

traitement et un transducteur de visualisation pourraient être disposés du même côté de l'arbre, tout en étant légèrement inclinés par rapport à celui-ci.

De même, l'invention n'est pas limitée aux formes et
5 tailles de fenêtres décrites ci-dessus. La paroi rigide pourrait être transparente aux ultrasons, et la fenêtre ne serait alors pas nécessaire.

10

15

20

25

30

35

REVENDICATIONS

1.- Sonde de traitement et de visualisation (1),
comprenant un corps de sonde (2), au moins un transducteur de
visualisation (25; 45) et au moins un transducteur de traite-
5 ment (26; 46) montés mobiles dans ladite sonde, des moyens
d'entraînement dudit transducteur de visualisation et dudit
transducteur de traitement, caractérisée en ce que ledit
transducteur de visualisation (25; 45) et ledit transducteur
de traitement (26; 46) sont mobiles autour d'un axe de rota-
10 tion commun, et en ce que lesdits moyens d'entraînement sont
communs audit transducteur de visualisation et audit trans-
ducteur de traitement.

2.- Sonde de traitement et de visualisation selon la
revendication 1, caractérisée en ce que ledit axe de rotation
15 commun est parallèle à l'axe longitudinal de la sonde.

3.- Sonde de traitement et de visualisation selon la
revendication 1, caractérisée en ce que ledit axe de rotation
commun est orthogonal à l'axe longitudinal de la sonde.

4.- Sonde de traitement et de visualisation selon
20 l'une des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que ledit
transducteur de traitement (26; 46) et ledit transducteur de
visualisation (25; 45) constituent un ensemble monobloc.

5.- Sonde de traitement et de visualisation selon
l'une des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que ledit
25 transducteur de traitement et ledit transducteur de visuali-
sation présentent chacun une forme de disque et sont disposés
concentriquement et dos à dos.

6.- Sonde de traitement et de visualisation selon
l'une des revendications 1 à 5, caractérisée en ce que ledit
30 transducteur de traitement présente une forme concave assu-
rant une focalisation.

7.- Sonde de traitement et de visualisation selon
l'une des revendications 1 à 6, caractérisée en ce que ledit
transducteur de traitement (60) comprend une lentille défor-
35 mable mécaniquement (62) permettant de modifier sa focale.

8.- Sonde de traitement et de visualisation selon
l'une des revendications 1 à 7, caractérisée en ce qu'elle

comporte une paroi rigide (22; 42) entourant au moins partiellement lesdits transducteurs.

9.- Sonde de traitement et de visualisation selon la revendication 8, caractérisée en ce que ladite paroi rigide
5 (22; 42) comporte une fenêtre (23; 43).

10.- Sonde de traitement et de visualisation selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisée en ce qu'elle comporte une enveloppe souple localement déformable.

10

15

20

25

30

35

1/3

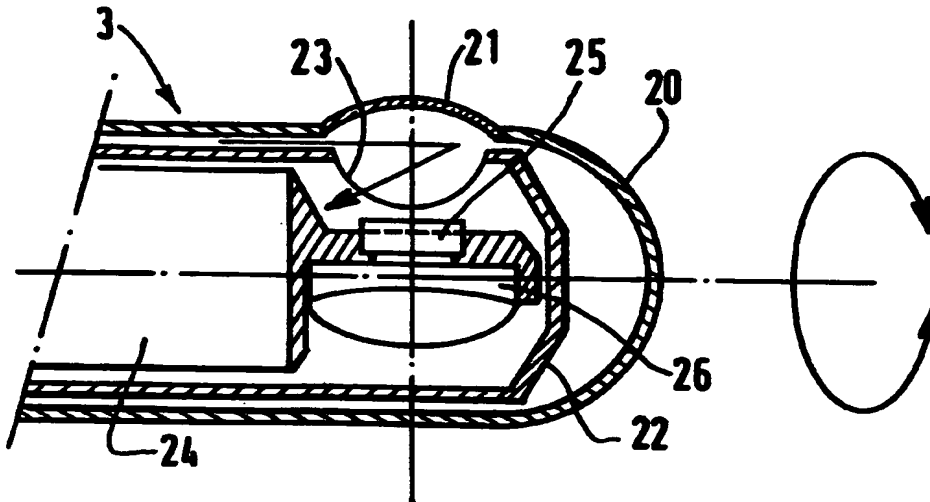


FIG. 2

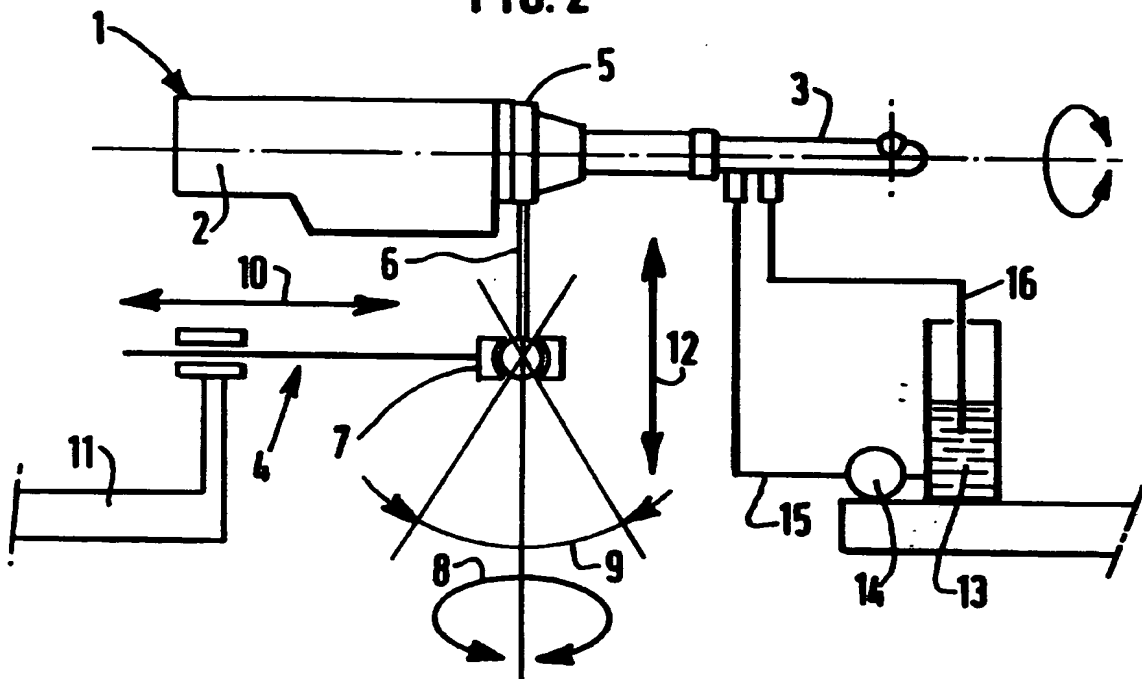


FIG. 1

2/3

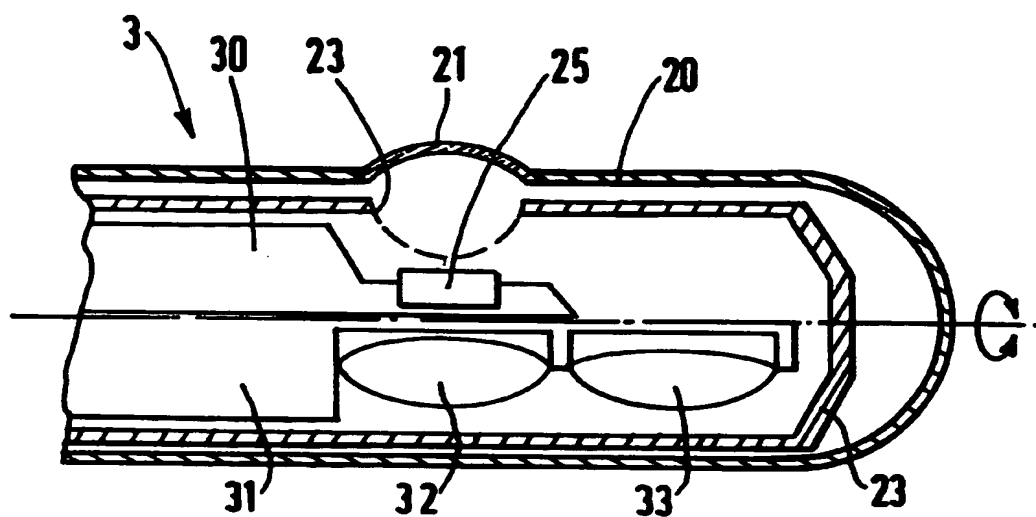


FIG. 3

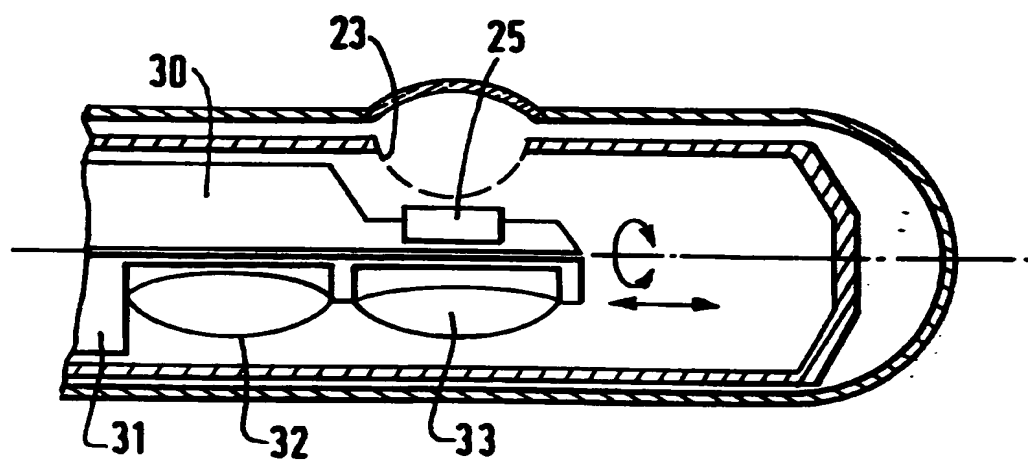


FIG. 4

3/3

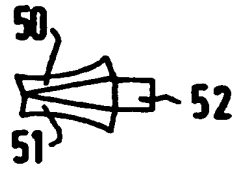


FIG. 6a

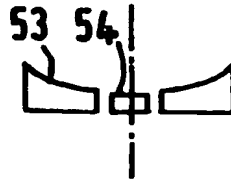


FIG. 6b

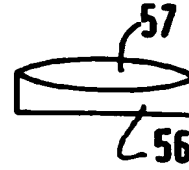


FIG. 6c

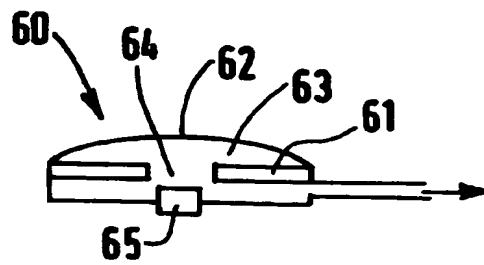


FIG. 7

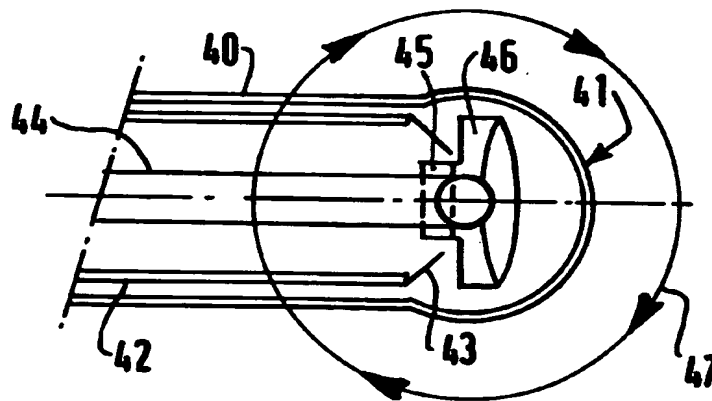


FIG. 5

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14 et L.612-17 du code de la propriété intellectuelle;
articles 40 à 53 du décret n° 79-822 du 19 septembre 1979 modifié

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

Après l'accomplissement de la procédure prévue par les textes rappelés ci-dessus, le brevet est délivré. L'Institut National de la Propriété Industrielle n'est pas habilité, sauf dans le cas d'absence **manifeste** de nouveauté, à en refuser la délivrance. La validité d'un brevet relève exclusivement de l'appréciation des tribunaux.

L'I.N.P.I. doit toutefois annexer à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention. Ce rapport porte sur les revendications figurant au brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DU PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

- ☒ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.
- ☒ Le demandeur a maintenu les revendications.
- ☐ Le demandeur a modifié les revendications.
- ☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.
- ☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.
- ☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITÉS DANS LE PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

- ☒ Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.
- ☐ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.
- ☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.
- ☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

2715822

N° d'enregistrement national : 94 01304

N° de publication :

| 1.ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION | |
|--|-------------------------------------|
| Référence des documents (avec indication, le cas échéant, des parties pertinentes) | Revendications du brevet concernées |
| DE-A-39 10 336 (OLYMPUS OPTICAL CO. LTD.) * colonne 11, ligne 59 - colonne 12, ligne 26; figures 1-21 * | 1-6,8-10 |
| WO-A-89 07909 (LABORATORY EQUIPMENT CORP.) * abrégé; figures 1,2,4,5 * | 1-6,8-10 |
| DE-A-38 13 298 (OLYMPUS OPTICAL CO. LTD.) * colonne 25, ligne 17 - ligne 37; figures 1-35 * | 1,2,4-10 |
| EP-A-0 273 180 (SIEMENS) * abrégé; figures 1-3 * | 1,3 |
| DE-C-41 19 524 (SIEMENS) * colonne 7, ligne 57 - colonne 8, ligne 58; figure 2 * | 1,7 |
| EP-A-0 088 620 (OLYMPUS OPTICAL CO. LTD.) * page 5, ligne 19 - page 7, ligne 14; figure 1 * | 1,8-10 |
| INTERNATIONAL JOURNAL OF CARDIAC IMAGING, vol.4, no.2-4, 1989, DORDRECHT (NL) pages 79 - 88 N.BOM ET AL. 'Early and recent intraluminal ultrasound devices' * le document en entier * | 1 |
| 2.ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL | |
| NEANT | |
| 3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES | |
| Référence des documents (avec indication, le cas échéant, des parties pertinentes) | Revendications du brevet concernées |
| NEANT | |